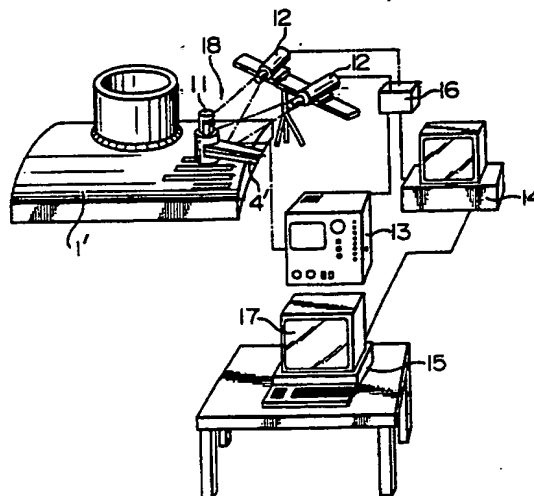


## 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類 5 <b>G01N 29/06</b>	A1	(11) 国際公開番号 <b>WO 92/18862</b>  (43) 国際公開日 1992年10月29日 (29. 10. 1992)
(21) 国際出願番号 PCT/JP92/00501 (22) 国際出願日 1992年4月18日 (18. 04. 92)  (30) 優先権データ 特願平3/113681 1991年4月19日 (19. 04. 91) JP  (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 川崎重工業株式会社 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP] 〒650-91 兵庫県神戸市中央区東川崎町三丁目1番1号 Hyogo, (JP) 中部電力株式会社 (CHUBU ELECTRIC POWER CO., INC.) [JP/JP] 〒461 愛知県名古屋市中区東新町1番地 Aichi, (JP) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ) 糸賀興右 (ITOGA, Kouyu) [JP/JP] 〒654-01 兵庫県神戸市須磨区中落合4丁目1番462-401 Hyogo, (JP) 緒方隆昌 (OGATA, Takamasa) [JP/JP] 〒655 兵庫県神戸市垂水区城が山3丁目5番37-2402 Hyogo, (JP) 平澤英幸 (HIBASAWA, Hideyuki) [JP/JP] 〒651-11 兵庫県神戸市北区南五葉3-11-4-431 Hyogo, (JP) 三隅隆也 (MISUMI, Takaya) [JP/JP] 〒675 兵庫県加古川市加古川町備後堀里4-206 Hyogo, (JP)	上田登広 (UEDA, Sumihiro) [JP/JP] 〒675 兵庫県加古川市西神吉町岸843-16 Hyogo, (JP) 三木修武 (MIKI, Osamu) [JP/JP] 〒673 兵庫県明石市和坂1丁目15番5-422 Hyogo, (JP) 大脇博雄 (OWAKI, Hiroo) [JP/JP] 〒651-11 兵庫県神戸市北区星和台1丁目15-4 Hyogo, (JP) 古池浩幸 (FURUIKE, Harutaka) [JP/JP] 〒655 兵庫県神戸市垂水区旭ヶ丘1丁目10-107 Hyogo, (JP) 杉田雄二 (SUGITA, Yuuji) [JP/JP] 〒478 愛知県知多市日長字西畑70-1 Aichi, (JP) 恩田勝弘 (ONDA, Katsuhiko) [JP/JP] 〒465 愛知県名古屋市中区西里町4-52-2 Aichi, (JP) 奥村孝幸 (OKUMURA, Takaaki) [JP/JP] 〒457 愛知県名古屋市中区弥次二町4-59-2 Aichi, (JP) (74) 代理人 弁理士 浅村 皓, 外 (ASAMURA, Kiyoshi et al.) 〒100 東京都千代田区大手町2丁目2番1号 新大手ビル331 Tokyo, (JP)  (81) 指定国 GB, US.  添付公開書類 国際調査報告書	

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR DETECTING FLAW WITH ULTRASONIC WAVE

(54) 発明の名称 超音波探傷検査方法および装置



## (57) Abstract

A method and device for detecting flaws of an object (1') to be inspected, whose three-dimensional shape has a complex free curved surface, with ultrasonic wave. Thereby, a multicolor graphic picture is displayed in a three-dimensional way, and the flaws can be grasped in the three-dimensional way. An LED (11) is mounted on a probe (4') for detecting flaws, and the position and attitude of the LED (11) are measured by a predetermined number of arranged CCD or PSD camera (12). Measured data are inputted to a measurement recording device (16), and the wall thickness and the inner and outer shape of the object (1') are determined. The flaw detection conditions such as the propagation path of the ultrasonic wave, its incident position, and the regions to be inspected are determined according to the shape of the object (1') stored in the measurement recording device (16). According to these conditions, the probe (4') is pressed against the outer face of the object (1'), and ultrasonic wave scanning is performed to detect flaws. On the screen (17) of the display of the computer (15), superposing the flaw parts detected with ultrasonic wave on the three-dimensional shape of the object (1'), three-dimensional multicolor graphic display is performed.

(57) 要約

複雑な自由曲面を有する3次元形状の検査対象物(1')の欠陥部分を超音波探傷し、3次的に多色グラフィック画像表示をし、欠陥部分を立体的に把握し得るようにする。探傷用探触子(4')にLED(11)を取付け、このLED(11)の位置姿勢を所定数配置したCCD或はPSDカメラ(12)により計測する。計測したデータを計測記録装置(16)に入力し、検査対象物(1')の内厚、内外面形状を求める。コンピュータ(15)は、計測記録装置(16)に入力されている検査対象物(1')の形状に基づいて、超音波探傷における超音波の伝播経路、入射点位置、探傷領域等の探傷条件を決定する。その条件に従って、探触子(4')を検査対象物(1')の外面に押し付け、スキャニングをし、超音波探傷を行う。コンピュータ(15)の画面(17)に検査対象物(1')の3次元形状と超音波探傷して得た欠陥部分を重ね合せ3次元多色グラフィック表示をする。

情報としての用途のみ

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第1頁にPCT加盟国を同定するために使用されるコード

AT オーストリア  
AU オーストラリア  
BB ハルバードス  
BE ベルギー  
BF ブルキナ・ファソ  
BG ブルガリア  
BJ バナン  
BR ブラジル  
CA カナダ  
CF 中央アフリカ共和国  
CG コンゴ  
CH スイス  
CI コート・ジボアール  
CM カメルーン  
CS チェコスロバキア  
DE ドイツ  
DK デンマーク  
ES スペイン

FI フィンランド  
FR フランス  
GA ガボン  
GN ギニア  
GB イギリス  
GR ギリシャ  
HU ハンガリー  
IE アイルランド  
IT イタリア  
JP 日本  
KP 朝鮮民主主義人民共和国  
KR 大韓民国  
LI リヒテンシュタイン  
LK スリランカ  
LU ルクセンブルグ  
MC モナコ  
MG マダガスカル  
ML マリ

MN モンゴル  
MR モーリタニア  
MW マラウイ  
NL オランダ  
NO ノルウェー  
PL ポーランド  
RO ルーマニア  
RU ロシア連邦  
SD スーダン  
SE スウェーデン  
SN セネガル  
SU ソビエト連邦  
TD チャド  
TG トーゴ  
UA ウクライナ  
US 米国

## 明 細 書

## 超音波探傷検査方法および装置

## 5 技術分野

本発明は、超音波を用いた探傷検査方法および装置に関し、特に複雑な３次元自由曲面形状を有する部品の超音波探傷検査方法および装置に関する。

## 背景技術

10 周知の如く、市民社会の隆盛に伴い、産業は高度に発達し、その上昇機運はとどまるところを知らない。

これらの市民社会、産業経済を支持している各種の機器装置の類いは、その本来的な機能を新規設置時は勿論のこと、長期にわたって十分に維持することが求められるものである。

ところで、通常多くの機器装置は化学技術の進展に伴い、複雑な機能を果すべく複数部品から成り立っている場合が殆どである。したがって、組立て、係合構造も立体的に複雑になり、上記機能を充分維持するためには新規設置時は勿論のこと、定期、不定期の機能検査が不可欠となる。実状態様によっては定期検査について法的規制を義務付けられている場合もある。

これらの機器装置は新規設置時は勿論のこと、稼動中の定期、不定期の機能検査は本来的には分解して個々の部品または部品ユニット（以下総称して「部品」と呼

25

ぶ) ごとに保守整備をかねて点検することが望まれるものである。しかし、複雑な組付け、係合構造を有する部品においてはその分解による検査が極めて煩瑣で、又、経済的に見合わず、稼動効率を低下させる。又、場合によ

5 よると分解検査によること自体が部品の機能を損う場合もあることから非破壊的な検査が広く用いられるようになった。

近時多くの機器装置が金属製品等であること等と相俟って、例えば、JP-A-53-143293, JP-A-57-27691, JP-A-62-21014に

10 開示された超音波による非破壊検査が重用されてきている。

機器装置の部品が単純な平面やパイプ等の曲面形状の場合には超音波による探傷システムもシンプルで熟練を要することも少なかった。しかし、近時自動車、船舶、航空機、発電設備等の機械装置には、例えば、タービンブレード、ポンプケーシング、主蒸気管継手、大型弁、管台等の複雑な3次元自由曲面を有する形状のものが

15 広く用いられている。就中、原子力施設、医療施設、研究所等においてはこれらの複雑形状の部品の完全に近い経年的機能維持が強く求められる。したがって、容易には分解検査が行えない事情等から当該複雑な3次元自由曲面の形状を有する部品の超音波探傷が求められる。しかも、当該探傷データを後期の或いは、他の同一、類似

20 装置等の延命化の研究目的のためバックアップデータと

25

して記録保持されることが求められてきている。

しかし、かかる複雑な 3 次元自由曲面の形状を有する部品に対する超音波探傷は、既に、確立されて実用化されている単純平面や曲面の部品に対する超音波探傷システムでは対応出来ない本質的な欠点があった。

部品、すなわち、検査対象物の形状を示す画像に欠陥像を画像として重ね合わせて描けないために検査対象物の形状から反射してきたエコーと欠陥からのエコーを識別できない。即ち、検査対象物の画像が無い場合、或いは、その画像があっても外面腐食がある場合や、表示画像通りに検査対象物が製作されていない場合には、内外面の形状を把握しないと最適な探傷条件が決定できなかったり、超音波を使って探傷した結果、得られたエコーが検査対象物の内面からのエコーか、欠陥からのエコーかが判別できなかったからである。

ここで、探傷条件としては、具体的には、例えば、探傷アプローチ位置、スキャン方向、探触子の屈折角、探触子の使用周波数、探触子の振動子寸法、探触子の向きおよびスキャン速度がある。

そこで、これらのニーズに応じてコンピュータ技術を駆使してレーザ技術、距離計測技術を利用した自由曲面形状の部品に対する超音波探傷システムが開発されているが、技術上周知の如く本来的なニーズに充分応えられないという不具合があった。

即ち、図 3，図 4 に、例えば、タービンブレードのよ

うな複雑な 3 次元自由曲面の形状を有する検査対象物 1 の気泡や剝離等の深い肉厚内部に在る欠陥部分 a, b および c に対する超音波探傷を行うシステム 2 において検査する様子が示されている。図 3 に示す様に、先ず、

5 レーザ距離計測装置 3 を探触子としてロボットのハンド 4 に取付けて検査対象物 1 に対し空中にてその表面形状の計測を行う。ロボットハンド 4 は 6 軸同期駆動装置 5 により駆動される。同期駆動装置 5 はパソコン 6 により制御され検査対象物 1 の形状が計測される。その計測データ

10 ータをミニコン 7 でデータ処理する。

次に超音波探傷装置 8 を介し水中にて検査対象物 1 に対する欠陥部分 a, b, c の超音波探傷を行う。その際、探触子の動作については上記レーザ計測装置 4 によって得られた検査対象物 1 の形状計測データに基づく計算を

15 介して移動径路をミニコン 7 により制御操作する。したがって、図 4 に示す様に、検査対象物 1 の上半面をミニコン 7 のスクリーン 10 に矩形状の画像 10' として表示するようにされている。図 4 の画像 10' には欠陥部分 a, b, c にそれぞれ対応する欠陥画像 a', b',

20 c' が示されている。なお、図 3 の 9 は超音波探傷装置 8 からのデータと同期駆動装置 5 からのデータとに基づいて画像解析を行なう画像解析装置である。

しかしながら、上述在来システムによる 3 次元自由曲面の形状を有する検査対象物の肉厚欠陥部分に対する超

25 音波探傷方法にあつては、該被検査部品の肉厚内の欠陥

部分に対する 3 次元的な探傷といっても、基本的には検査対象物の外側の自由曲面の形状計測に基づいて行なわれる探触子によるスキャンニングである。したがって、実際には、図 4 に示す様な検査対象物の画像表示 10' は平面表示であって（肉厚部の様子は表示されない）、3 次元表示とはならない。したがって、検査対象物の 3 次元的全体形状に関する肉厚部内部の欠陥部分の相対的な位置、傾きおよびサイズの計測、及び、探触子によるデータ解析が出来ないという欠点があり、又、モノクローム表示であることから、識別性能に劣るという不具合がある。

そして、探傷結果の画像 10' の表示は図 4 に示す様に、矩形方式の展開図的画像であることから、検査対象物の立体的な内外部を含む全体形状が表示されない。又、外表面はともかくとして、欠陥部の在る重要な内面、裏面形状の計測が行われないう不都合もあった。

そして、計測は空中で行い、探傷は水中で行われているという二元性から、形状計測時と探傷時との作業環境が変化し、検査対象物 1 の取り付け、取りはずしが著しく煩瑣であり、その際の調整が不便であり、非能率的であるという問題点があった。

又、検査対象物 1 の水中での浸漬状態が好ましくなく、又、検査対象物前後における水ジェットの吹付けも好ましくないような場合には、代替処理が著しく難しいという難点がある。

そして、上述在来態様においては検査対象物の超音波探傷を水中にて浸漬態様で行うために、セラミックス製品や小物に検査対象物を限定されるという取扱いの自由度の低さがあった。

- 5 又、検査対象物の内外面の形状計測を行わないためにスクリーン上の画像表示が3次元的になされないことも相俟って超音波伝播径路が検討出来ないことから、検査対象物の3次元形状に適した探傷条件の検討が即座に出来ないという問題点があった。

- 10 さらに、計測結果のデータをリアルタイムでスクリーン上に表示できないために、欠陥部分の識別も容易で無く効率的で無いという問題点があった。

- さらに、探傷に際して前述した如く検査対象物の内面形状や裏面形状からのエコーと本来的な欠陥部分からの  
15 エコーとの識別が困難であるという好ましくない点があった。

- さらに、レーザによる形状計測や超音波探触子による探傷を行うに際してのビーム照射がスポット的な座標抽出によって行われることから、ビーム寸法の関係上、全  
20 領域を同時的にカバー出来ない。検査対象物に細い凹凸がある場合にはレーザにより計測した形状と超音波探傷上必要な形状とが一致せず探触子の位置や方向が定まらない。スポット的な座標抽出に加えて得られたエコーの  
25 値に補正をかけねばならず、結果的により正確な処理が出来ないという問題点があった。



さらに、6軸同期駆動装置を用いることにより探触子のスキャンニングの自由度やスキャンニングエリアの自由度が小さいという問題点もあった。

さらに、これらのことは前述した如く検査対象物に関して矩形状の画像表示を行うことで、探傷用の超音波エコーの立体的な識別や把握が出来ないことにつながるものでもあった。

#### 発明の開示

本発明の目的は、複雑な3次元自由曲面を有する検査対象物を超音波で探傷する場合でも、欠陥部分が正確に把握できる超音波探傷検査方法および装置を提供することにある。

本発明の他の目的は、欠陥部分が立体的に表示可能な超音波探傷検査方法および装置を提供することにある。

本発明のさらに他の目的は、欠陥部分がリアルタイムで表示可能な超音波探傷検査方法および装置を提供することにある。

本発明のさらに他の目的は、検査対象物の取扱いが容易な超音波、探傷検査方法および装置を提供することにある。

本発明によれば、各種生産設備等において広く用いられている立体的な3次元自由曲面を有する各種機器装置の部品等の新規設置時や経時的稼動中に、機能障害に及ぼす影響が大なる複雑部位に於ける気泡、亀裂、剝離等の内部の欠陥部分に対する非破壊的な超音波探傷のシス

テムの問題点が解決される。すなわち、超音波探傷の利点を十分に生かしながら、当該探傷対象の部品の複雑な自由曲面を有する立体形状に対する欠陥部分の相互位置関係を３次元的に把握できる。しかも、超音波探傷条件をも十分に検討出来、立体的探傷が正確に行える。しかも、探傷検査全体にわたっての検査環境に変化を与えず、処理手段が著しくスムーズにとれる。探傷検査結果の状況もリアルタイムで計測は勿論のこと、視覚的にも認識出来、操作が極めて行い易い。又、探傷検査結果のデータは、後期、或いは、他の類似の探傷の参考データとしても十分に利用することが出来る。

この発明の構成は、原子力施設や各種機械製造工場等に用いられている機器装置類に組込まれている３次元の複雑自由曲面の形状を有する部品（ユニット部品を含む）に於ける気泡、亀裂、剝離等の経時的機能に障害を与える虞のある肉厚部内の欠陥部分に対する超音波探傷を３次元的に把握して行う場合に好適である。その際、手作業、或いは、ロボットの多関節ハンド等の先端に探触子を取付け、該探触子にＬＥＤを所定数複数取付けて該ＬＥＤをＣＣＤカメラ、或いは、位置検知装置

（ＰＳＤカメラ）で計測する。そして、検査対象物の外面形状、及び、肉厚部の内部、裏面の３次元形状を計測して該計測データをコンピュータを介し３次元グラフィックで画像（厳密には、３次元形状の任意の２次元画面への投射）表示して探傷条件を決定する。該条件に従

って、超音波探傷を行い、それらの結果データを多色的に 3 次元グラフィック画像表示すると共にリアルタイムで記録する。その結果、当該被検査部品、すなわち、検査対象物の複雑曲面を立体的に把握すると共に、併せて、  
5 欠陥部分も確認することが出来、併せて、記録して後段等に参考データとして供することが出来る。

#### 図面の簡単な説明

図 1 はこの発明の超音波探傷検査システムの実施例の模式斜視図である。

10 図 2 は適用対象の検査対象物の画面表示例を示す図である。

図 3 は従来技術に基づく画像表示の検査対象物の超音波探傷のシステム模式図である。

15 図 4 は図 3 図示のシステムによる欠陥表示の模式図である。

図 5 a および 5 b は、図 1 図示のシステムの探傷検査方法を示すフローチャートである。

図 6 は、欠陥部分を含む検査対象物の画面表示例を示す図である。

20 発明を実施するための最良の形態

次に、この発明の 1 実施例を図 1，図 2 を参照して説明する。

尚、図 3，図 4 と同一態様部分は同一符号を用いて説明するものとする。

25 図 1 に示す態様はこの発明に用いる超音波探傷システ

ムである。図 2 に示す管台のような 3 次元複雑曲面を有する立体的複雑形状の検査対象物の被検査部品 1' の肉厚部内に於る気泡、クラック、剝離等の欠陥部分の超音波探傷に用いられる態様である。

- 5     尚、図 1 において、検査対象物 1' と各種計測機器等のサイズは図示の都合上、模式的にデフォルメされている。

而して、検査対象物 1' の複雑な 3 次元曲面の外面形状が在来態様同様にレーザビーム、或いは、超音波探触  
10   子 4' に L E D 1 1 を所定数複数（当該実施例においては 3 つ）配したものを C C D、或いは、P S D

（position sensitive device）カメラ 1 2 によりその位置姿勢を計測する。計測されたデータは計測記録装置 1 6 に取込まれ、記録される。該 L E D 1 1 に対し

- 15   C C D、或いは、P S D カメラ 1 2 が対向して臨まされ、該 L E D 1 1 の位置姿勢を検出し、計測記録装置 1 6

（センサプロセッサ）に検査対象物 1' の肉厚計測、及び、内面計測を行ってそのデータを取込み記録する。3 個以上の L E D 1 1 を探触子 4' に搭載して走査子 1 8  
20   を構成する。3 個以上の L E D 1 1 の位置データを取り込むことにより走査子 1 8 の探触子 4' の先端の位置および姿勢を判断して、探触子 4' の超音波の入射点位置を算出する。

- 尚、かかる L E D 1 1、及び C C D、或いは、P S D  
25   カメラ 1 2 による検出態様はエンコーダ等を付設した機

械治具を操作することによる形状計測も可能ではある。  
しかし、スキヤニングの自由度、及び、スキヤニング  
範囲の自由度からしてLEDを用いた計測の方がはる  
かに精細度等の点で好ましいものではある。

- 5     本発明の特長の1つは、検査対象物の外面形状を計測  
するための3個以上のLEDを超音波探触子に取付けて  
一体として走査子を構成した点にある。この走査子で検  
査対象物を走査することにより、超音波探触子の計測値  
と探触子の検査対象物上の位置及び姿勢との関係が正確  
10    に求められる。

また、超音波探触子の距離計測機能を使えば、3個以  
上のLEDを用いて検査対象物の外面形状を計測してい  
るときに同時に探触子を用いて検査対象物の内面の形状  
を求めることができる。

- 15    また、超音波探触子の探傷機能を使う場合に、3個以  
上のLEDを用いて検査対象物の外面形状を計測してい  
るときに同時に探触子を用いて検査対象物の探傷を行な  
うこともできる。

- この間、或いは、これに伴って図2に示す様な検査対  
20    象物1'の欠陥発生部分1'', 1'''を既に構築された過  
去の検査の欠陥データや作業員の経験判断に基づくデー  
タや応力集中解析等の予測から判断される重要な検査探  
傷部分として決定してコンピュータ15に入力する。

- 該コンピュータ15によって計測記録装置14に入力  
25    されている検査対象物1'の外面形状、及び、肉厚、裏

面（内面）形状等の３次元の自由曲面形状に基づいて、  
次段の超音波探傷における超音波の伝播経路、探傷領域  
等、当該探傷部分 1'', 1''' に対する機械的探傷条件  
（方法）を決定し、探触子 4' を検査対象物 1' の外面  
5 に所定押付圧で押し付け探触子 4' のスキャンニングを  
行う。

該スキャンニングの動作は手動、或いは、ロボットに  
よる動作が可能である。ロボットによる動作では、探触  
子 4' は常に設定押付圧でスキャンニングされるために、  
10 押付圧のバラツキによる押込みデータのバラツキは避け  
られる。又、探触子 4' の検査対象物 1' の外面に対す  
る直接接触法を用いることによりサイズフリーで大型の  
検査対象物 1' に対する探傷が行え、狭隘な現場に於い  
ても搬入したシステムを用いて現場探傷が可能となる。  
15 このようにして組込んだ検査対象物 1' の肉厚を含む  
外面、及び、内面の形状計測データに基づいてコンピュ  
ータ 15 により超音波探傷条件（方法）を決める。それ  
に従って、手動による探傷、或いは、ロボット制御を行  
い、超音波探触子 4' による超音波探傷を行う。

20 この場合、コンピュータ 15 には予め音響理論、弾性  
波解析、及び、モデル実験等のデータベースによる最適  
探傷条件や決定手法等を予め入力しておくことが出来る。

そして、３次元グラフィック画像表示 15 により図 6  
に示すその画面 17 に検査対象物 1' の３次元形状  
25 17' および 17'' を画像表示すると共に探触子 4' に

より超音波探傷された欠陥部分 17'' を重ねて必要なら、多色を用いて画像表示する。この重ね合せは、検査対象物の形状の原点座標および座標各軸の方向を探傷時のそれらと一致させることにより実現される。

- 5      この場合、3次元グラフィック装置 15 により検査対象物 1' の形状と欠陥部分の画像表示を色分けして（例えば、外形形状を黄色、欠陥部分を赤色に）多色表示することにより検査対象物 1' の外形形状と欠陥部分の相対位置、及び、サイズ等を明瞭に識別することが出来る。
  - 10     勿論、この場合、組込んだ検査対象物 1' 、及び、欠陥部分の両者を別々に、或いは、両方とも重ねて表示、記録し、次回の検査対象物 1' の欠陥探傷や類似検査対象物に対する超音波探傷の参考データとすることが出来る。
  - 15     また、超音波探傷は検査対象物 1' の形状の計測とも空中で行うことにより計測探傷の環境変化を避け、水中での計測を嫌う部品に対する空中での計測探傷を行うことが出来る。
- そして、超音波探傷条件が前述した如く予め決められるために、又、リアルタイムで多色的な 3 次元グラフィック画像表示が出来るために、検査対象物 1' の内部を隈なく探傷出来る。したがって、検査対象物の形状に基づくエコーと欠陥部分のエコーとが明瞭に識別出来、も
- 20     れなく隈なく探傷することが出来る。
  - 25     尚、この発明の実施態様は上述実施例に限るものでな

いことは勿論であり、例えば、対象とするワークは管台に限るものではなく、例えば、ポンプケーシング、主蒸気管継手、大型弁等種々の態様が採用可能である。

又、設計変更的には検査対象物に対する探触子を直接  
5 接触式に代えて非接触式にする等は設計変更の範囲内である。

次に、本発明の超音波探傷方法の一実施例についてその動作を図5 a および5 b に示すフローチャートを参照しながら説明する。

- 10  まず、図5 a および5 b において、ステップ20で検査対象物1'を決定する。次に、ステップ21で決定された検査対象物1'の3次元形状の計測を以前行なったことがあるかどうか計測記録装置14またはコンピュータ15に記憶されたデータベースを検索することにより  
15  判定する。その検査対象物1'の形状の計測データがあれば、ステップ22に進み、超音波を用いて検査対象物1'の探傷を行なう。探傷検査が終了すると、ステップ23で、検査対象物1'の形状データと探傷データとを合成して表示スクリーン17に欠陥部分の状態17''を  
20  3次元形状の検査対象物1'の表示17'および17''に重ね合せて表示する。形状データおよび探傷データの各々、および/または、合成されたデータは、ステップ24で所定のファイル形式でファイルにされ、ステップ25で図示しない外部記憶装置に検査記録として記憶される。この検査記録は、必要に応じて、欠陥の有害度評



価および合否判定に使用される。

次に、ステップ 21 で、検査対象物 1' の形状の計測データがなかった場合、ステップ 27 に進む。ステップ 27 では検査対象物 1' の形状を例えば CAD システムを用いることにより肉厚などが正確に得られるデータとして保存されているかどうかを判定する。判定の結果、正確な形状を示すデータがある場合は、ステップ 28 へ進む。ステップ 28 で正確な形状を示す形状データをコンピュータ 15 へ入力する。ステップ 29 で、入力された形状データに基いて、検査対象物 1' の探傷検査すべき重要検査部 1'' および 1''' を決定する。ステップ 30 で、探傷検査時に探傷可能アプローチ領域の評価をコンピュータ 15 を用いて検討する。ステップ 31 で、超音波探触子を用いた最適な探傷条件（方法）を決定する。探傷条件が決定されると、ステップ 22 へ進み、以後既に説明したステップを実行する。

一方ステップ 27 で、検査対象物 1' の形状に関する正確なデータがないと判定された場合は、ステップ 32 に進む。ステップ 32 で検査対象物 1' の外形図程度の形状データは得られるかどうかを判定する。そのような程度の形状データも得られない場合は、ステップ 33 へ進み、機械的な簡易計測を行なった上でステップ 34 ～ 37 までを実行する。

ステップ 32 で、検査対象物 1' の外形図程度の形状データが得られる場合は、その形状データに基いてステ

ップ 3 4 ～ステップ 3 7 までを実行する。なお、ステップ 3 4 ～ステップ 3 7 は、それぞれステップ 2 8 ～ステップ 3 1 とほとんど同じである。

- ステップ 3 7 で、探傷条件（方法）が決定されると、
- 5 ステップ 3 8 へ進む。ステップ 3 8 では探傷に必要な装置（構造物）の条件（範囲）を決定する。次に、ステップ 3 9 で、検査対象物 1' の内面形状の計測方法を決定する。ステップ 4 0 で L E D ターゲット付探触子を用いて検査対象物 1' の内外面形状を示す正確な形状データ
- 10 を得る。次に、ステップ 4 1 で、この得られた形状データを用いて、検査対象物 1' をグラフィック表示し、探傷位置を詳細に決定する。その後、ステップ 2 2 へ進み、上述したステップ 2 2 ～2 6 の操作を実行する。

- この発明によれば、航空機、船舶、自動車、更には、
- 15 原子力施設等の各種機器装置類に用いられるユニット機器の 3 次元の複雑曲面を有する形状の構造物に対する非破壊検査での超音波探傷において、その形状と内部の計測を計測データに基づいて両者を合成して三次元グラフィック多色的に画像表示することにより検査対象物の外
- 20 面形状は勿論のこと、内外面形状に対する欠陥部分の相対位置姿勢、サイズを共々画像表示し、しかも、両者を色別表示することにより全体把握は勿論のこと、全体に対する欠陥部の相対識別をクリアーに、しかも、リアルタイムで計測出来るという優れた効果が奏される。

- 25 したがって、超音波探傷において、当該検査対象物に

おける欠陥部分の 3 次元的な位置把握が出来、確実な探傷を行えるという優れた効果が奏される。

又、探傷中においても、超音波の伝播経路を測定することは可能であることにより、当該検査対象物に対する  
5 最適超音波探傷条件や方法を決定することが出来、この点からも最適探傷が正確に設計通りに行えるという優れた効果が奏される。

しかも、データについては即時記録することにより後期の探傷や類似部品に対する超音波探傷の強力なバック  
10 アップデータとして参考に供することが出来るという優れた効果も奏される。

而して、レーザ、或いは、LED が取り付けられた超音波探触子と CCD (PSD) の組合せた形状計測装置による外形計測に、併せて、超音波肉厚計測により検査  
15 対象物の外面形状は勿論のこと、肉厚、及び、内面の形状をも計測することが出来、3 次元グラフィックの画像表示において欠陥部分の相対表示を行って、作業者の走査操作が直接、且つ、正確に行え得るという優れた効果もある。

20 そして、計測と超音波探傷とを空中、及び、水中と異なる環境でなく、1 つの環境化で行うことが出来るために、環境対応の検査対象物の適用条件等を選択せず、探傷の自由度が著しく高まるという利点もある。

したがって、検査対象物のサイズ形状等に捕らわれず  
25 に安易に探傷することが出来るという弾力性を向上させ

る効果もある。

- 又、検査対象物の形状計測を行ったデータに対し超音波探傷データを補正して３次元グラフィック画像表示、及び、その記録が取れることから探触子の位置姿勢をも
- 5 測定することが出来、超音波の入射方向が明確になり従来の２次元表示等による入射方向の補正等をしなくても済むという効果もある。

#### 産業上の利用可能性

- 本発明によれば、原子力施設、医療施設および研究所
- 10 における機器を構成する部品だけでなく、あらゆる産業分野における複雑な３次元的自由曲面を有する部品に対して正確な探傷を行なえる。

## 請 求 の 範 囲

1. 3次元曲面を有する検査対象物の超音波探傷検査方法であって、
  - 5 (a) 検査対象物の3次元形状を計測してその形状を表す形状データを得、
    - (b) 前記検査対象物を超音波探触子を用いて計測してその探傷結果を表す探傷データを得、
      - (c) 前記形状データに基づいて作成された前記検査対象物の3次元グラフィック画像に、前記探傷データに基づいて作成された欠陥部分の3次元グラフィック画像を重ね合わせた合成画像を表示スクリーン上に表示するステップを含む超音波探傷検査方法。
  - 15 2. 請求項1に記載の超音波探傷検査方法において、前記ステップ(a)で、前記形状データは、前記検査対象物の外面の形状を計測して得る超音波探傷検査方法。
  3. 請求項1に記載の超音波探傷検査方法において、前記ステップ(a)で、前記形状データは、前記検査対象物の内面の形状を計測して得る超音波探傷検査方法。
  - 20 4. 請求項1に記載の超音波探傷検査方法において、前記ステップ(a)で、前記形状データは、前記検査対象物の内面および外面の形状を計測して得る超音波探傷検査方法。
  5. 請求項1に記載の超音波探傷検査方法において、  
25 前記ステップ(a)の計測結果に基づいて、前記ステップ

(b) での探傷方法を決定する超音波探傷検査方法。

6. 請求項 5 に記載の超音波探傷検査方法において、  
前記探傷方法として、前記超音波探触子の探傷アプロー  
ち位置、走査方向、走査速度、屈折角、方向、使用周波  
5 数および振動子寸法のうちの少なくとも 1 つが決定され  
る超音波探傷検査方法。

7. 請求項 1 に記載の超音波探傷検査方法において、  
前記ステップ(c) での前記合成画像の表示に複数のカラ  
ーを用いた超音波探傷検査方法。

10 8. 請求項 1 に記載の超音波探傷検査方法において、  
前記ステップ(a) で、前記形状データは、前記検査対象  
物の外面の形状をタッチセンサ手段で計測して得る超音  
波探傷検査方法。

9. 請求項 1 に記載の超音波探傷検査方法において、  
15 前記ステップ(a) はさらに、

(a1) 前記超音波探触子に少なくとも 3 つ以上の  
L E D を搭載した走査子によって、前記検査対象物の 3  
次元形状の外面を走査し、

(a2) 前記走査子の前記 L E D からの投射光を位置検  
20 知装置 (P S D) または C C D カメラで検出することに  
より、前記探触子の先端の位置および姿勢を算出して、  
前記検査対象物の外面の形状データを得る

サブステップを含む超音波探傷検査方法。

10. 請求項 1 に記載の超音波探傷検査方法において、  
25 前記ステップ(a) はさらに、

(a1) 前記超音波探触子に少なくとも3つ以上の  
L E Dを搭載した走査子によって、前記検査対象物の3  
次元形状の外表面を走査し、

(a2) 前記走査子の前記L E Dからの投射光をP S D  
5 またはC C Dカメラで検出することにより、前記探触子  
の先端の位置および姿勢を算出して、前記検査対象物の  
外表面の形状データを得、

(a3) 前記超音波探触子を距離計測に用いて、前記検  
査対象物の内面の形状データを得る

10 サブステップを含む超音波探傷検査方法。

11. 請求項1に記載の超音波探傷検査方法において、  
前記ステップ(a)はさらに、

(a1) 前記超音波探触子に少なくとも3つ以上の  
L E Dを搭載した走査子によって、前記検査対象物の3  
15 次元形状の外表面および内表面を走査し、

(a2) 前記走査子の前記L E Dからの投射光をP S D  
またはC C Dカメラで検出することにより、前記探触子  
の先端の位置および姿勢を算出して、前記検査対象物の  
外表面および内表面の形状データを得る

20 サブステップを含む超音波探傷検査方法。

12. 請求項9に記載の超音波探傷検査方法において、  
前記複数のL E Dを用いる前記検査対象物の外表面の形状  
データと、前記超音波探触子を用いる前記検査対象物の  
探傷データとを前記走査子の走査で同時に得る超音波探

25 傷検査方法。

13. 請求項 10 に記載の超音波探傷検査方法において、前記複数の LED を用いる前記検査対象物の外面形状データと、前記超音波探触子を用いる前記検査対象物の内面の形状データとを前記走査子の走査で同時に得る  
5 超音波探傷検査方法。

14. 3次元曲面を有する検査対象物の超音波探傷検査方法であって、

(a) 超音波探触子に少なくとも 3 つ以上の LED を搭載した走査子によって、前記検査対象物を走査し、

10 (b) 前記走査子の前記 3 つ以上の LED を PSD または CCD カメラによって検出することにより、前記検査対象物の 3 次元形状を計測してその形状を表す形状データを得、

(c) 前記走査子の前記超音波探触子を用いて前記検査  
15 対象物を探傷することにより、その探傷結果を表す探傷データを得、

(c) 前記形状データおよび前記探傷データに基づいて、  
前記検査対象物内の欠陥部分の位置をを 3 次元的に求める

20 ステップを含む超音波探傷検査方法。

15. 請求項 14 に記載の超音波探傷検査方法において、前記ステップ(c)で求めた前記検査対象物と前記欠陥部分との 3 次元的な位置関係を表示スクリーン上に 3 次元グラフィック表示する超音波探傷検査方法。

25 16. 3次元曲面を有する検査対象物の超音波探傷検



査方法であって、

(a) 検査対象物の 3 次元形状を表す形状データを記憶装置から入力し、

(b) 超音波探触子を用いて前記検査対象物を探傷することにより、その探傷結果を表す探傷データを得、

(c) 前記形状データおよび前記探傷データに基づいて、前記検査対象物内の欠陥部分の位置を 3 次元的に求めるステップを含む超音波探傷検査方法。

17. 請求項 16 に記載の超音波探傷検査方法において、前記ステップ (b) はさらに、

(b1) 前記超音波探触子に少なくとも 3 つ以上の LED を搭載した走査子によって、前記検査対象物の 3 次元形状の外表面を走査し、

(a2) 前記走査子の前記 LED からの投射光を PSD または CCD カメラで検出することにより、前記探触子の先端の位置および姿勢を算出して、前記入力した形状データにおける前記走査子の位置を得、

(a3) 前記探傷データを前記走査子の前記検査対象物上の位置に関連させる

サブステップを含む超音波探傷検査方法。

18. 3 次元曲面を有する検査対象物の超音波探傷検査装置であって、

検査対象物の 3 次元形状を計測してその形状を表す形状データを得る手段と、

前記検査対象物を計測してその探傷結果を表す探傷デ

ータを得る超音波探触子と、

前記形状データに基づいて作成された前記検査対象物の  
3次元グラフィック画像に、前記探傷データに基づい  
て作成された欠陥部分の3次元グラフィック画像を重ね  
5 合わせた合成画像情報を作成する手段と、

前記合成画像情報に基づいて、合成画像を表示スクリ  
ーン上に表示する手段と

を含む超音波探傷検査装置。

19. 請求項18に記載の超音波探傷検査装置におい  
10 て、前記形状データを得る手段は、前記検査対象物の外  
面および内面の少なくとも一方の形状データを含む超音  
波探傷検査装置。

20. 請求項18に記載の超音波探傷検査装置におい  
て、前記形状データに基づいて、前記超音波探触子の探  
15 傷方法を決定する手段とさらに含む超音波探傷検査装置。

21. 請求項20に記載の超音波探傷検査装置におい  
て、前記探傷方法として、前記超音波探触子の探傷アプ  
ローチ位置、走査方向、走査速度、屈折角、方向、使用  
周波数および振動子寸法のうちの少なくとも1つが決定  
20 される超音波探傷検査装置。

22. 請求項18に記載の超音波探傷検査装置におい  
て、前記合成画像情報作成手段は、前記合成画像の表示  
に複数のカラー表示を可能にした超音波探傷検査装置。

23. 請求項18に記載の超音波探傷検査装置におい  
25 て、前記形状データを得る手段はさらに、

前記超音波探触子に少なくとも3つ以上のLEDを搭載した走査子と、

前記検査対象物の3次元形状の外表面を前記走査子で走査する手段と、

- 5 前記走査子の前記LEDからの投射光を検出する手段と、

前記検出手段からの出力に基づいて、前記探触子の先端の位置および姿勢を算出して、前記検査対象物の外表面の形状データを取得する手段と

- 10 を含む超音波探傷検査装置。

24. 請求項18に記載の超音波探傷検査装置において、前記形状データを取得する手段はさらに、

前記超音波探触子に少なくとも3つ以上のLEDを搭載した走査子と、

- 15 前記検査対象物の3次元形状の外面上を前記走査子で走査する手段と、

前記走査子の前記LEDからの投射光を検出する手段と、

- 20 前記検出手段からの出力に基づいて、前記探触子の先端の位置および姿勢を算出して、前記検査対象物の外表面の形状データを取得する手段と、

前記超音波探触子を距離計測に用いて、前記検査対象物の内面の形状データを取得する手段と

を含む超音波探傷検査装置。

- 25 25. 請求項18に記載の超音波探傷検査装置において

て、前記形状データを得る手段はさらに、

前記超音波探触子に少なくとも3つ以上のLEDを搭載した走査子と、

前記検査対象物の3次元形状の外面および内面を前記

5 走査子で走査する手段と、

前記走査子の前記LEDからの投射光を検出する手段と、

前記検出手段からの出力に基づいて、前記探触子の先端の位置および姿勢を算出して、前記検査対象物の外面

10 および内面の形状データを得る手段と

を含む超音波探傷検査装置。

26. 請求項23に記載の超音波探傷検査装置において、前記複数のLEDを用いる前記検査対象物の外面の形状データと、前記超音波探触子を用いる前記検査対象  
15 物の探傷データとを前記走査子の走査で同時に得る超音波探傷検査装置。

27. 請求項24に記載の超音波探傷検査装置において、前記複数のLEDを用いる前記検査対象物の外面の形状データと、前記超音波探触子を用いる前記検査対象  
20 物の内面の形状データとを前記走査子の走査で同時に得る超音波探傷検査装置。

28. 3次元曲面を有する検査対象物の超音波探傷検査装置であって、

超音波探触子に少なくとも3つ以上のLEDを搭載し  
25 た走査子と、

前記走査子で前記検査対象物を走査する手段と、

前記走査子の前記 3 つ以上の LED からの投射光を検出する手段と、

前記検出手段からの出力に基づいて、前記検査対象物の 3 次元形状を計測してその形状を表す形状データを  
5 得る手段と、

前記走査子の前記超音波探触子を用いて前記検査対象物を探傷することにより、その探傷結果を表す探傷データを  
得る手段と、

10 前記形状データおよび前記探傷データに基づいて、前記検査対象物内の欠陥部分の位置を 3 次元的に求める手段と

を含む超音波探傷検査装置。

29. 請求項 28 に記載の超音波探傷検査装置において、さらに、前記位置を求める手段からの出力に  
15 応答して、前記検査対象物と前記欠陥部分との 3 次元的な位置関係を表示スクリーン上に 3 次元グラフィック表示する表示手段を含む超音波探傷検査装置。

30. 3 次元曲面を有する検査対象物の超音波探傷検査装置であって、  
20

検査対象物の 3 次元形状を表す形状データを記憶装置から入力する装置と、

超音波探触子と、

前記超音波探触子を用いて前記検査対象物を探傷することにより、その探傷結果を表す探傷データを  
25 得る手段

と、

前記形状データおよび前記探傷データに基づいて、前記検査対象物内の欠陥部分の位置をを3次元的に求める手段と

5      を含む超音波探傷検査装置。

31.      請求項30に記載の超音波探傷検査装置において、

前記超音波探触子に少なくとも3つ以上のLEDを搭載して構成した走査子と、

10      前記走査子によって、前記検査対象物の3次元形状の外面を走査する手段と、

前記走査子の前記LEDからの投射光を検出する手段と、

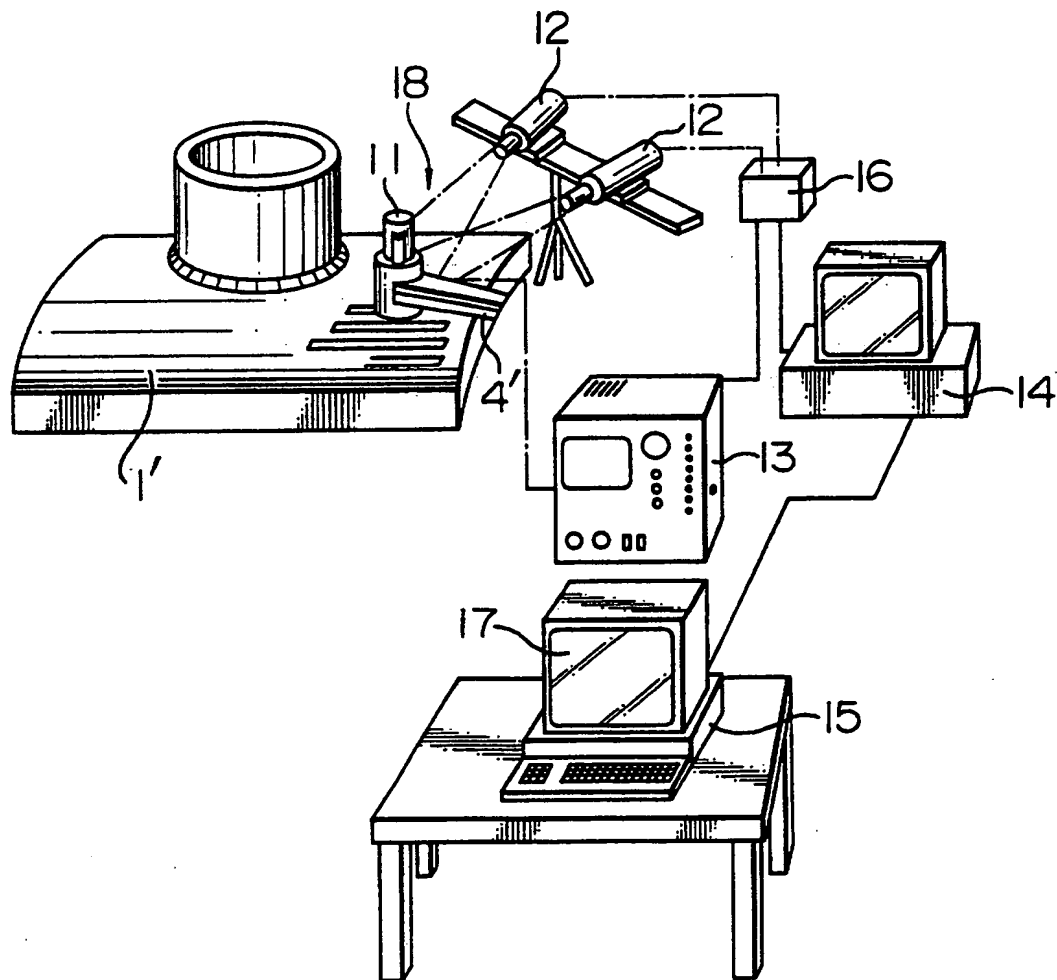
前記探触子の先端の位置および姿勢を算出して、前記  
15      入力した形状データにおける前記走査子の位置を得る手段と、

前記探傷データを前記走査子の前記検査対象物上の位置に関連させる手段と

を含む超音波探傷検査装置。

1/6

FIG. 1



2/6

FIG. 2

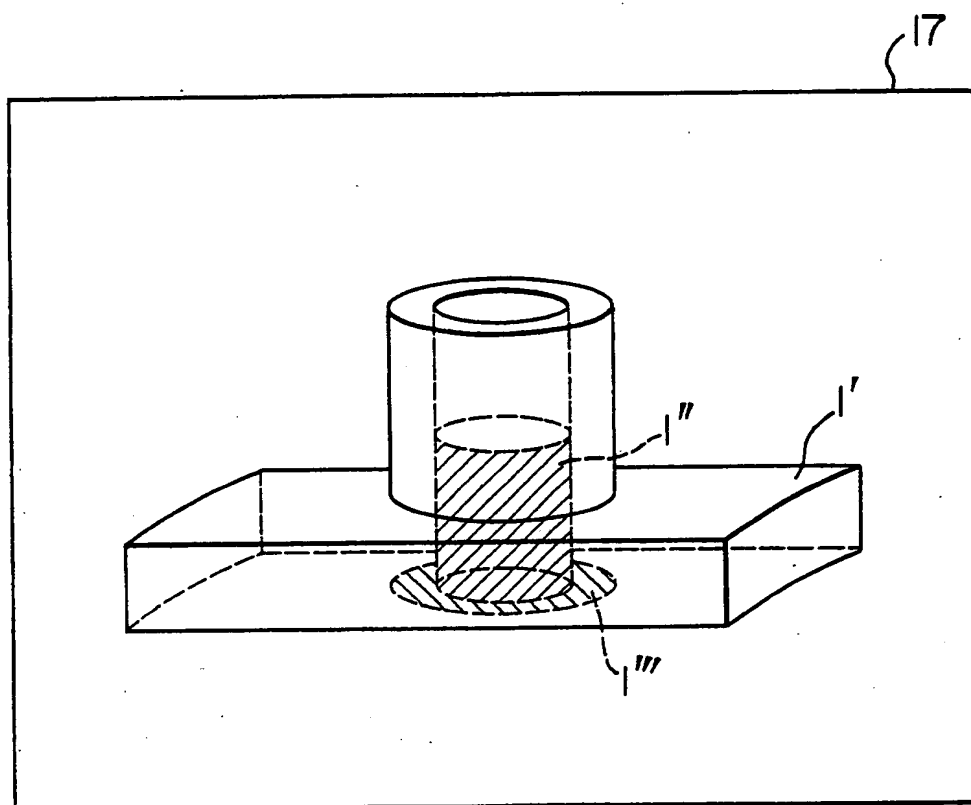






FIG. 5a

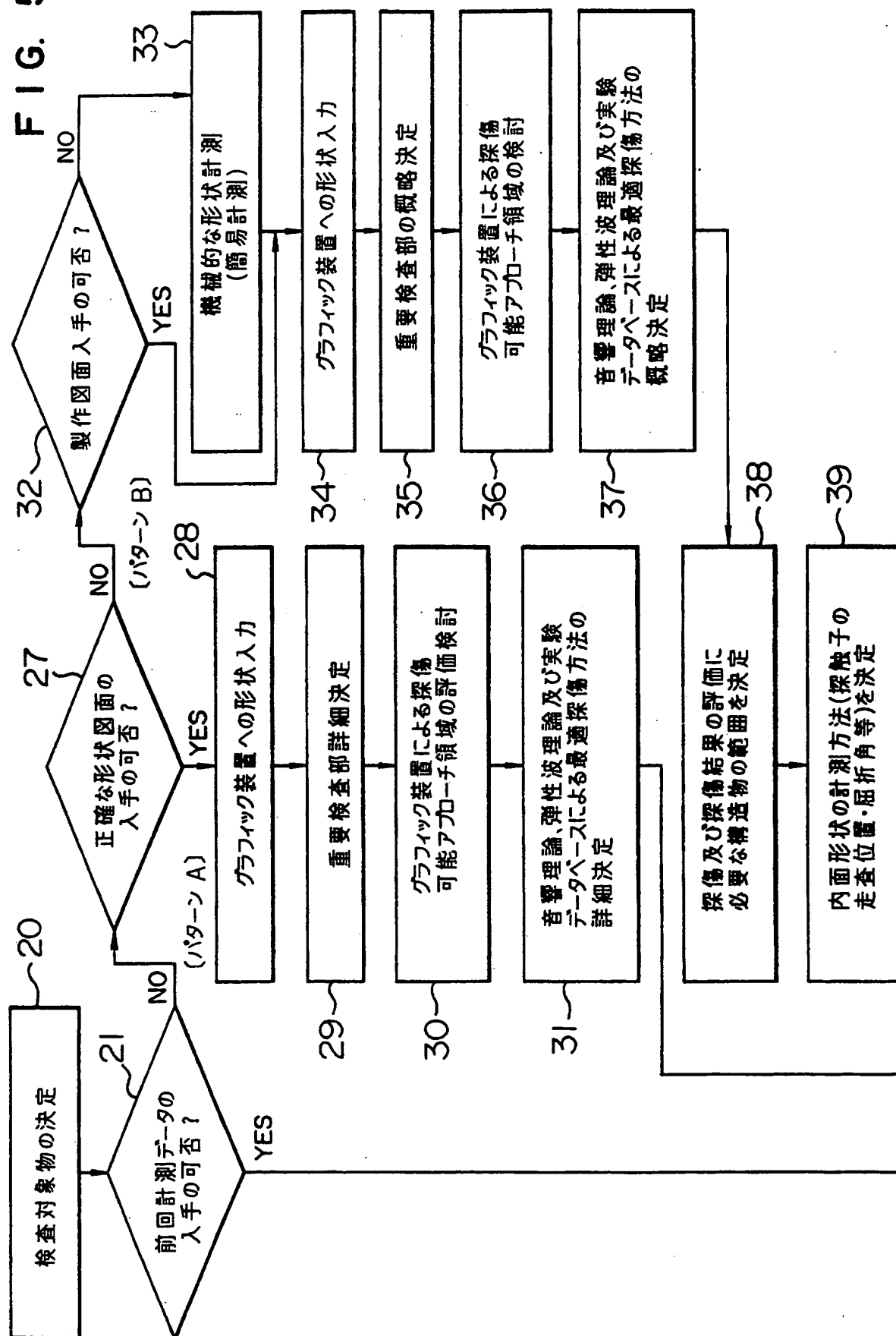
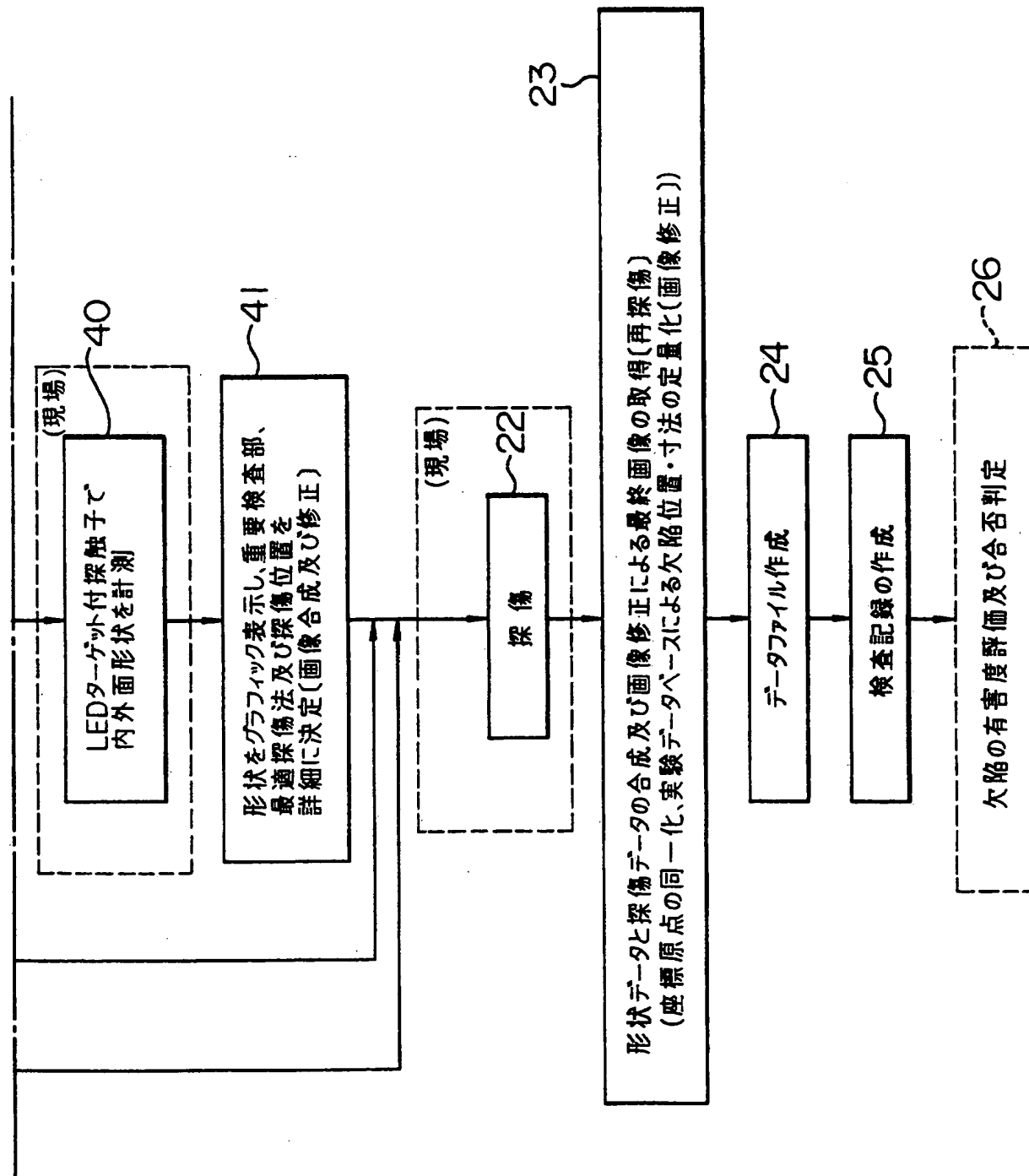
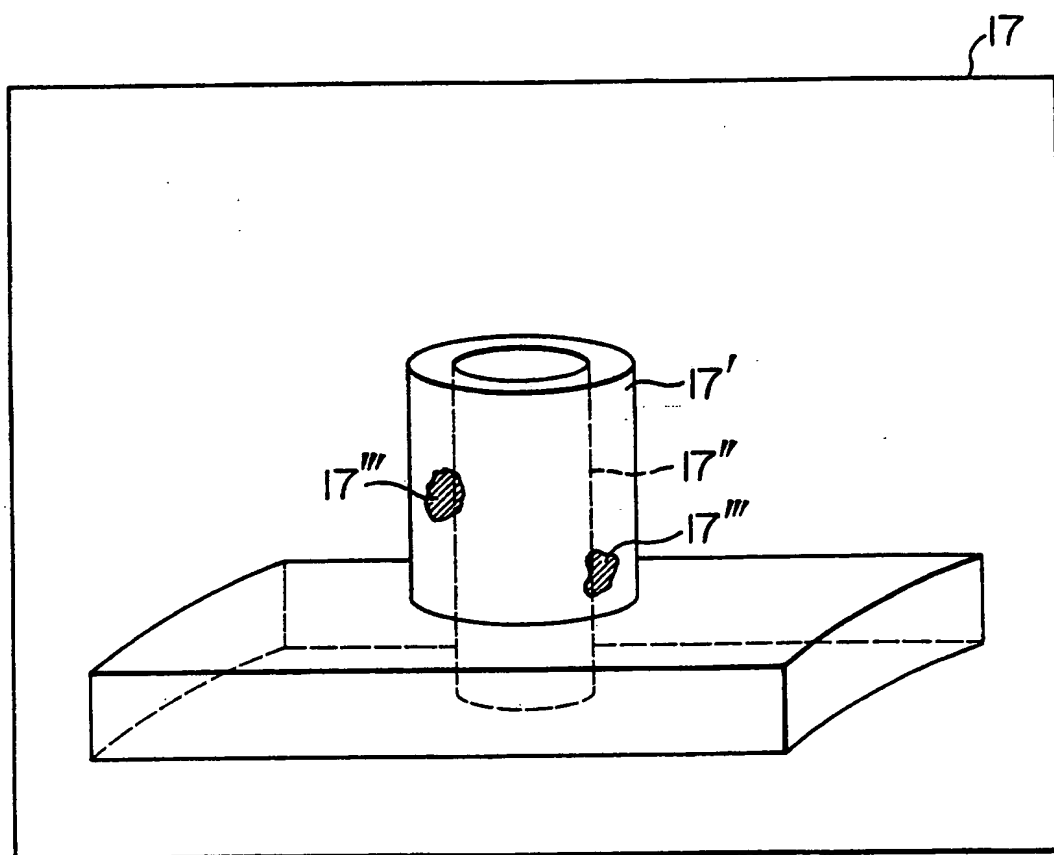


FIG. 5b



6 / 6

FIG. 6



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/JP92/00501

<b>I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> (If several classification symbols apply, indicate all) <sup>6</sup>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int. Cl <sup>5</sup> G01N29/06		
<b>II. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum Documentation Searched <sup>7</sup>		
Classification System	Classification Symbols	
IPC	G01N29/00-29/28	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched <sup>8</sup>		
Jitsuyo Shinan Koho		1926 - 1992
Kokai Jitsuyo Shinan Koho		1971 - 1992
<b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <sup>9</sup></b>		
Category <sup>10</sup>	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>
Y	JP, A, 3-94154 (Chubu Electric Power Co., Inc.), April 18, 1991 (18. 04. 91), (Family: none)	1-31
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the written application of Utility Model Application No. 137246/1978 (Laid-Open No. 53454/1980) (Nippon Kuraut Cremar K.K.), April 10, 1980 (10. 04. 80), Line 19, page 5 to line 3, page 7 (Family: none)	1-31
Y	JP, A, 61-57853 (Kawasaki Steel Corp.), March 24, 1986 (24. 03. 86), (Family: none)	1-31
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p><sup>10</sup> Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
<b>IV. CERTIFICATION</b>		
Date of the Actual Completion of the International Search		Date of Mailing of this International Search Report
July 3, 1992 (03. 07. 92)		July 21, 1992 (21. 07. 92)
International Searching Authority		Signature of Authorized Officer
Japanese Patent Office		

I. 発明の属する分野の分類		
国際特許分類 (IPC)		
Int. Cl. G 0 1 N 2 9 / 0 6		
II. 国際調査を行った分野		
調査を行った最小限資料		
分類体系	分類記号	
IPC	G 0 1 N 2 9 / 0 0 - 2 9 / 2 8	
最小限資料以外の資料で調査を行ったもの		
日本国実用新案公報 1926-1992年 日本国公開実用新案公報 1971-1992年		
III. 関連する技術に関する文献		
引用文献の カテゴリー※	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	請求の範囲の番号
Y	JP, A, 3-94154 (中部電力株式会社), 18. 4月. 1991 (18. 04. 91) (ファミリーなし)	1-31
Y	JP, U, 日本国実用新案登録出願53-137246号 (日本国実用新案登録出願公開55-53454号) の願 書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイク ロフィルム (日本クラウトクレマー株式会社), 10. 4月. 1980 (10. 04. 80), 第5頁, 第19行-第7頁, 第3行 (ファミリーなし)	1-31
Y	JP, A, 61-57853 (川崎製鉄株式会社), 24. 3月. 1986 (24. 03. 86) (ファミリーなし)	1-31
※引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日 若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の 日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日の後に公表された文献であって出 願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解 のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新 規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の 文献との、当業者にとって自明である組合せによって進 歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリーの文献		
IV. 認 証		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
03. 07. 92	21.07.92	
国際調査機関	権限のある職員	2 J 6 9 2 8
日本国特許庁 (ISA/JP)	特許庁審査官	板 井 康 平 ®